

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV AUTOMATIZACE A INFORMATIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF AUTOMATION AND COMPUTER SCIENCE

ROBOT PRO STOLNÍ TENIS

TABLE TENNIS ROBOT

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. THUC TUYEN NGUYEN

VEDOUČÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ MARADA, Ph.D.

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automatizace a informatiky

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Thuc Tuyen Nguyen

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Aplikovaná informatika a řízení (3902T001)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Robot pro stolní tenis

v anglickém jazyce:

Table tennis robot

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem práce je navrhnout a realizovat robot pro hráče stolního tenisu. Ten musí umožnit za pomoci několika pohonů umisťovat míče definovanými rychlostmi a rotacemi na různá místa hracího stolu. K řízení použijte mikrokontroléru ATmega nebo xMega.

Cíle diplomové práce:

1. Seznamte se s realizacemi robotů pro stolní tenis na internetu.
2. Navrhněte a realizujte mechanickou konstrukci robotu.
3. Navrhněte a realizujte elektroniku pro ovládání robotu.
4. Funkčnost navrženého řešení demonstруйте.

Seznam odborné literatury:

[1] <http://www.robotika.cz>

[2] <http://www.robotika.sk>

[3] <http://forum.mcontrollers.com>

Vedoucí diplomové práce: Ing. Tomáš Marada, Ph.D.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2012/2013.

V Brně, dne 20.11.2012

L.S.

Ing. Jan Roupec, Ph.D.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, Csc
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem a realizací robota pro trénink stolního tenisu. Hlavní část mechanické konstrukce robota se skládá z hliníkových profilů a jiných normovaných dílů, jako jsou valivá ložiska, kluzná pouzdra, závitové tyče, atd. Přední část robota, kde se vyžaduje lepší deformační vlastnosti a nižší hmotnost, byla vyrobena 3D tiskárnou z materiálu ABS. Robot byl navrhnut tak, aby se jeho tělo mohlo otáčet ve třech osách. Díky tomu může uživatel nastavit robota tak, aby vystřeloval míče do různých požadovaných míst a s žádaným typem rotace míče. Míče budou vystřelovány pomocí dvou gumových kol napojených na dva stejnosměrné elektromotory. Řízením rychlosti otáčení těchto motorů můžeme řídit rychlost míče i jeho rotaci. Mozkem robota je řídicí jednotka s mikrokontrolérem ATmega128. Program pro řízení robota byl naprogramován a nahrán do mikrokontroléru. Koncový uživatel může s robotem komunikovat přes systém tlačítek a integrovaný textový LCD displej.

Zhotovený robot byl otestován a dokázal míče umisťovat na šest různých míst na hracím stole a to s různými rychlostmi, s různými typy rotací a jejich rychlostmi. To vše podle uživatelem nastavených parametrů.

KLÍČOVÁ SLOVA

Robot, stolní tenis, mikrokontrolér, Atmega128, servomechanismus, stejnosměrný motor, LM2676, L298N.

ABSTRACT

This diploma thesis deals with designing and realizing a robot for training table tennis. Robot's mechanical construction is based on aluminium profiles supported by various standardized assembly units, such as rotating bearings, plain bearings, threaded rods... The front-end part of the robot, which requires better deformation property and lighter weight, was made from ABS material using 3D rapid prototyping technology. The design of the robot allows its body to rotate around three axes. Thanks to the high dynamical ability, robot can be set to throw balls to various places on the playing table, with different types of ball spin. Balls will be shot out by two rubber wheels, which are attached to two electrical DC motors. By driving the speed of the two motors, we can control the speed of the ball, as well as speed of its spin. All robot's activities are driven by an embedded system designed using microcontroller ATmega128. A firmware for controlling robot's function was written and flashed into the microcontroller. End-users might communicate with the robot via a system of buttons and a text LCD display.

The built robot was tested and it has shown its ability to throw balls to 6 different places of the playing table, at different speeds, with different types of ball spin, and different spin speed, according to the parameters set by user.

KEYWORDS

Table tennis robot, microcontroller, Atmega128, servo, DC motor, LM2676, L298N.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE PRÁCE

NGUYEN, T.T. Robot pro stolní tenis. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2013. 58 s. Vedoucí diplomové práce Ing. Tomáš Marada, Ph.D..

BIBLIOGRAPHICAL CITATION OF THESIS

NGUYEN, T.T. Table tennis robot. Brno: Brno University of Technology, Faculty of mechanical engineering, 2013. 58 p. Supervisor: Ing. Tomáš Marada, Ph.D..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma “Robot pro stolní tenis“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce, Ing. Tomáš Marada, Ph.D., a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny uvedeny v seznamu literatury na konci práce.

Nguyen Thuc Tuyen, Brno 2013.

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych rád poděkoval Ing.Tomáš Marada, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce za cenné rady a připomínky během zpracování diplomové práce.

Obsah:

	Abstrakt.....	5
	Bibliografická citace práce.....	7
	Poděkování.....	11
1	Úvod.....	15
2	Robot pro stolní tenis.....	17
2.1	Robot iPong Pro.....	17
2.2	Robot Y&T – V989H.....	18
2.3	Robot Oukei TW-2700 S9.....	19
3	Návrh a realizace mechanické konstrukce.....	21
3.1	Prostředí Autodesk Inventor.....	21
3.2	Koncept 1.....	22
3.3	Koncept 2.....	22
3.4	Obrábění a montáž.....	23
4	Návrh a realizace elektroniky pro ovládání robota.....	27
4.1	Aktuátory.....	27
4.1.1	Stejnoseměrný elektromotor.....	27
4.1.2	Servomotor (servomechanismus).....	27
4.2	Zdroje napětí.....	27
4.3	Obvod pro řízení stejnosměrných motorů.....	29
4.4	LCD displej.....	30
4.5	Panel tlačítek.....	31
4.6	Mikrokontrolér.....	32
4.6.1	Výběr mikrokontroléru.....	32
4.6.2	Schéma zapojení mikrokontroléru ATmega128.....	33
4.6.3	Rozhraní pro programování mikrokontroléru.....	34
4.7	Návrh a výroba desky plošných spojů.....	35
4.8	Simulace	37
5	Program pro mikrokontrolér.....	39
5.1	AVR Studio.....	39
5.2	Generování PWM signálu pomocí časovače.....	39
5.3	Externí přerušení.....	41
5.4	Hlavní program pro řízení robota.....	42
6	Demonstrace funkcí robota – Uživatelský manuál.....	45
6.1	Režim “Testování”.....	45
6.2	Režim “Nastavení”.....	45
6.3	Režim “Spuštěn”.....	46
7	Závěr.....	49
	Seznam použité literatury.....	51
	Seznam příloh.....	53

1 ÚVOD

Stolní tenis nebo také ping-pong (podle zvuku, který vydávají při hře údery míčku) je v současné době velmi populárním sportem. Hraní stolního tenisu pomůže hráčům zlepšit nejen fyzickou kondici, ale i jejich mentální koncentraci. Jedná se ale o hru dvou hráčů, proto bez oponenta bychom nemohli trénovat. Nápadem této diplomové práce je postavit zařízení, které je schopno nahrazovat roli protihráče. Tedy navrhnout robota, který by tuto funkci zastával. Požadavky na robota jsou především takové, aby byl schopný vystřelovat míče do různých míst hracího stolu. Vystřelované míče musí mít různé rotace z toho důvodu, aby trajektorie míče vystřelovaného robotem byla co nejvěrohodnější. Jako by hráč hrál proti skutečnému protihráči. Uživatel bude mít možnost nastavit rychlosti míče, druh rotace a také rychlost rotace. Výsledkem této práce je návrh a realizace robota od mechanické konstrukce, elektronické vybavení až po software pro jeho ovládání, aby byl schopen plnit výše zmíněné požadavky.

Navržený robot může být používán jak amatérskými hráči tak i profesionálními sportovci při jejich každodenním tréninku.

2 ROBOT PRO STOLNÍ TENIS

Při tvorbě této diplomové práce jsem se seznamoval s roboty pro stolní tenis na internetu. Výběr robotů na trhu je široký. Existují roboti v různých úrovních, pro různé účely použití. Jsou určeny jak pro amatérské hráče hrající ve volném čase, tak pro profesionální hráče při jejich každodenním tréninku. Tito roboti ale pracují na podobném, a dá se říci jednoduchém, principu. Na začátku míč projde vodící trubicí, jejíž vnitřní průměr je lehce větší než je průměr používaného míče. Na konci této trubky jsou dvě gumová kola, která jsou spojena se dvěma elektromotory. Kola vystřelují míč ven. Rychlosti otáčení těchto dvou kol určují lineární rychlost vystřelovaného míče. Rotační pohyb míče (faleš) je vygenerován rozdílem rychlostí otáčení motorů. Na obrázku *Obr. 1* je detailní fotka hlavy robota Y&T-27. Pokud se horní kolo (oranžové) otáčí rychleji než spodní kolo (červené), bude míči přidána faleš ve směru letu (top faleš). Pokud se otáčí dolní kolo rychleji než horní, míč bude mít rotaci proti směru letu (chop faleš). Čím je větší rychlostní rozdíl mezi gumovými koly, tím je silnější faleš míče.



Obr. 1 Hlava robota pro stolní tenis Y&T-V989E. [1]

Různí roboti pracují na podobném principu, ale mohou se odlišovat ve vybavených funkcích. Narozdíl od jednoduchých robotů, profesionální roboti mají lepší kontrolu nad dráhou i faleší vystřelovaného míče. Dále budou probírány vlastnosti a parametry tří vybraných robotů, kteří jsou typickými zástupci ve své třídě.

2.1 Robot iPong Pro

Patří mezi jednodušší roboty. Konstrukce těla robota iPong Pro (obrázek *Obr. 2*) se skládá ze tří částí. Jeho horní část slouží jako zásobník na míče. Míče v tomto zásobníku se postupně propadávají do druhé části, kde jsou vystřelovány ven. Prostřední část se může otáčet kolem vertikální osy. Díky tomu může robot vystřelovat míče doleva či doprava.

Kvůli jednoduché mechanické konstrukci má robot iPong Pro velká omezení. Za prvé se kola pro vystřelování míčů dotknou míčů jen ve směru vertikálním, proto nelze na míči vytvořit prostranní rotace (faleš typu levá a pravá). Za druhé by robot neuměl techniky, jako je stopbal (zkrácení dráhy míče těsně za síť), protože míče jsou vystřelovány vždy pod stejným úhlem sklonu.



Obr. 2 Robot iPong Pro.

Technické parametry robota iPong Pro [2]:

- Kapacita zásobníku: 100 míčů
- Čistá váha: 2,5lbs (1,13kg)
- Faleš: chop faleš, top faleš, silná top faleš
- Oscilace (do leva, do prava): ano

2.2 Robot Y&T – V989H

Na rozdíl od robota iPong Pro, Y&T je výrobce profesionálních robotů, zaměřených na náročné uživatele. Na obrázku Obr. 3 je fotka robota od Y&T verze V989H.

Robot má dva motory pro vystřelování míčů, které jsou pevně přidělány na vodící trubku. Tahle trubka se může otáčet kolem své osy, proto je robot schopen vytvořit na míči i prostranní faleš. Robot Y&T je schopen vystřelovat míče až s osmi různými typy faleše.

Úhel sklonu, pod kterým jsou míče vystřelovány, je taky nastavitelný. Díky tomu má robot lepší kontrolu nad místem, kam budou míče dopadat. Například může míče vystřelovat ve vyšším úhlu tak, aby padaly těsně za síť (zkrácení míče). Tenhle efekt neumí iPong Pro.



Obr. 3 Robot Y&T – V989H.

Technické parametry: [1]

- Kapacita zásobníku: 140 míčů
- Čistá váha: 15kg
- 8 typů falše
- Rychlost míče: 4-40 m/s
- Schopen vystřelovat míče do 11 různých míst hracího stole.
- Úhel sklonu: v rozsahu 0-40°

2.3 Robot Oukei TW-2700 S9

Roboti Oukei mají zcela žvlátní způsob zpracování míčů. Při provozu tělo robota zůstane nepohyblivé, ale robot stále může řídit dráhu vystřelovaných míčů pomocí 3 malých desek v přední části robota. Tyto desky se můžou nachýlit tak, aby se míče po nárazu do těchto desek odrazily v požadovaném směru.

Díky tomu, že pohyblivá část robota je pouze velmi jednoduchý řídicí systém, mohou roboti Oukei zpracovávat míče rychleji než oba dříve zmínění roboti.



Obr. 4 Robot Oukei TW-2700 S9.

Technické parametry:

- Kapacita zásobníku: více než 70 míčů
- Čistá váha: 15lbs (6,8 kg)
- Rychlost míče: 4-40 m/s
- 9 typů falše
- Možnost vystřelovat míče do 18 různých míst hracího stole.
- Úhel sklonu: od -45° do +45°

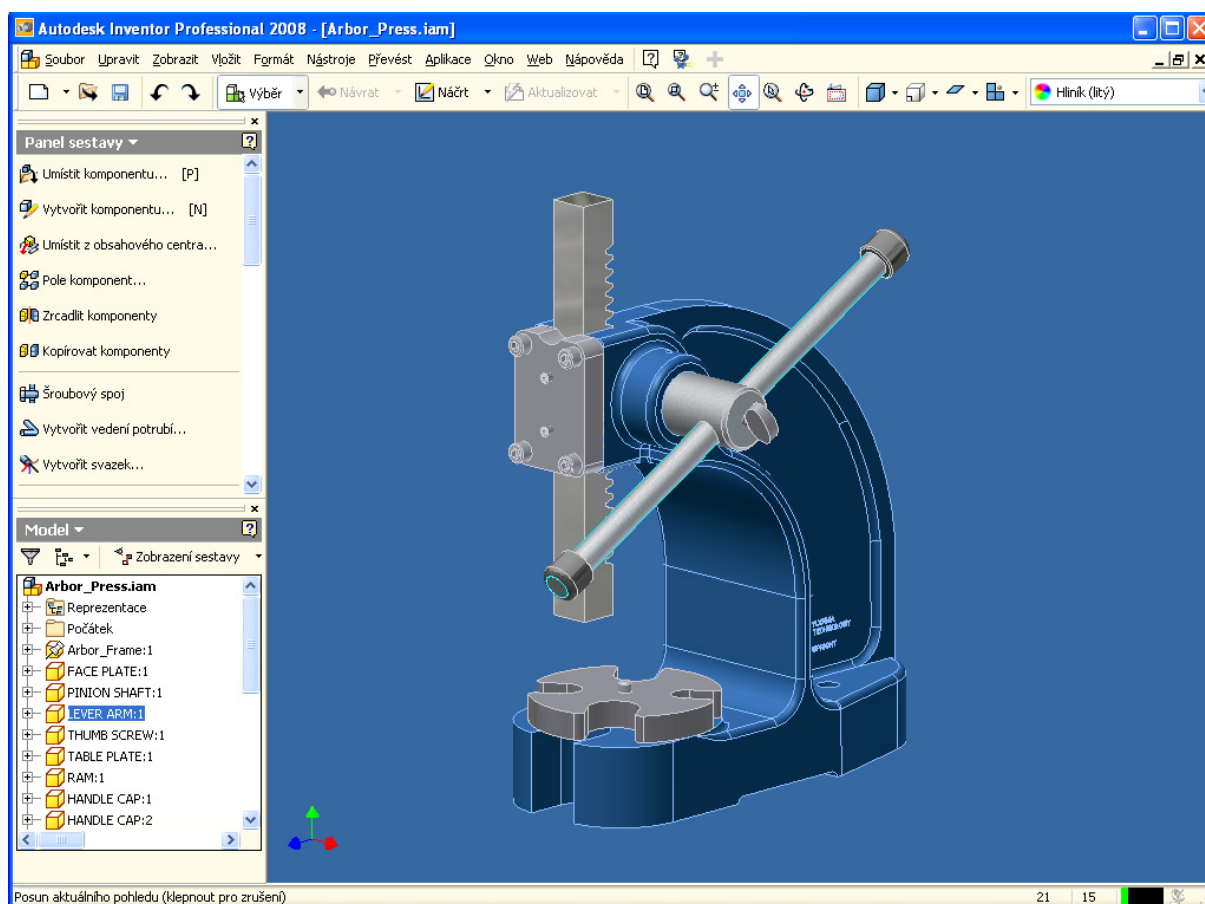
3 NÁVRH A REALIZACE MECHANICKÉ KONSTRUKCE

Cílem této diplomové práce je realizovat robota pro stolní tenis. Přitom prvním krokem je navrhnout jeho mechanickou konstrukci. Toto je velmi důležitá etapa práce, protože nevhodný a nedetailní návrh bude způsobovat problémy při obrábění a montáži. Navíc špatně navržený robot nebude schopen vykonávat funkce požadované v zadání práce. Proto fázi návrhu mechanické konstrukce pro robota byla věnována největší pozornost.

Jako hlavním materiálem těla robota byl zvolen hliník, protože hliníkové profily jsou dostupné v různých tvarech a velikostech. To pomůže snížit složitost práce při obrábění. Jinak hliníkové profily mají vysokou tvrdost a dají se lehce a stabilně připevnit šrouby a maticemi.

3.1 Prostředí Autodesk Inventor

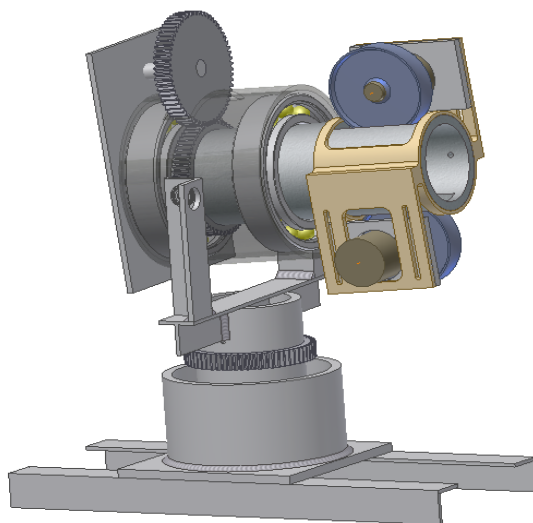
3D CAD softwarové produkty Autodesk Inventor nabízejí komplexní a flexibilní sadu softwarových nástrojů pro 3D strojírenské navrhování, simulaci výrobků, tvorbu nástrojů, zakázkový vývoj a komunikaci návrhů. Inventor nám pomůže přejít z 3D navrhování k tvorbě digitálních prototypů, umožňuje navrhovat, prezentovat a simulovat výrobky na přesném 3D modelu předtím, než dojde k jejich výrobě. Vytváření digitálních prototypů v aplikaci Autodesk Inventor pomáhá firmám navrhovat dokonalejší výrobky, snižovat náklady na vývoj a rychleji uvádět výrobky na trh.[3]



Obr. 5 Ukázka prostředí Autodesk Inventor.

3.2 Koncept 1

Při vykonávání mé práce jsem vytvořil dva různé návrhy pro robota. Poté bude jeden návrh vybrán a zrealizován. Na obrázku Obr. 6 je první koncept.



Obr. 6 Koncept 1 – Robot pro stolní tenis.

Jeden z požadavků na robota je, že musí být schopen vytvořit na míči různé typy falše (top, chop, prostranní faleš). Aby byl splněn tento požadavek, sestava (vodící trubka – motory pro vystřelování míčů) se musí otáčet kolem své osy. Proto je v tomto návrhu vodící trubka vložena ve valivých ložiscích. Problém je, že vodící trubka musí mít vnitřní průměr větší než průměr míče (40mm). Z toho plyne, že ložiska musí být také dostatečně velká. Podle norem, ložisko s vnitřním průměrem 45mm má vnější průměr 90mm. To dělá robota zbytečně velkého a těžkého. Navíc návrh používající velký počet válcových profilů se bude těžko obrábět a zrealizovat.

Z těchto důvodů jsem první koncept nevybral a přešel na druhý.

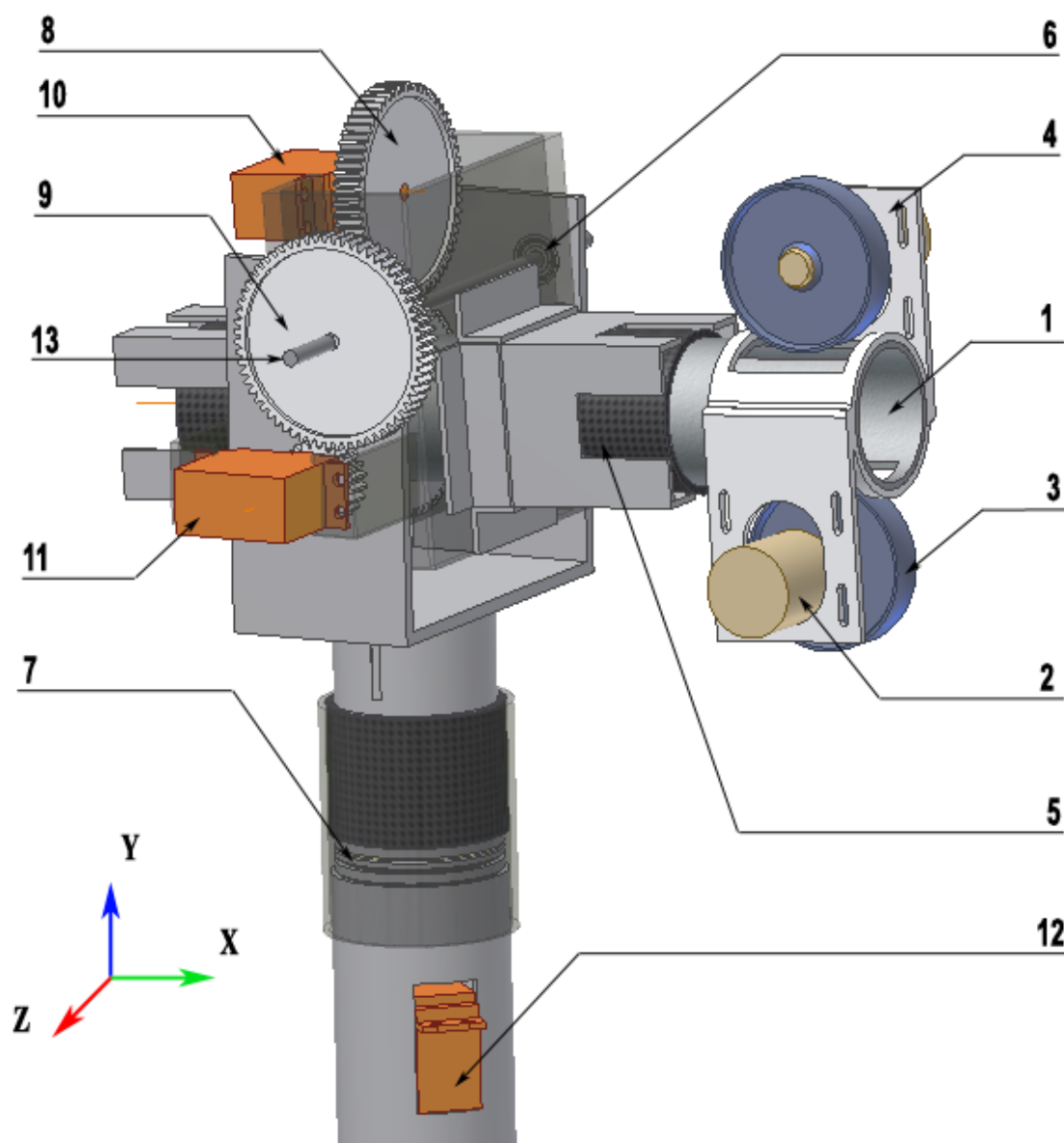
3.3 Koncept 2

Koncept 2 (obrázek *Obr. 7*) je návrhem opravující nevýhody z konceptu 1. Valivá ložiska byla nahrazena malými lehkými kluznými pouzdry (na obrázku označovány číslem 5). Tělo robota se skládá z jeklových profilů. Díky tomu má robot stabilnější konstrukci než u konceptu 1.

Robot pracuje na podobném principu jako ostatní roboti na trhu. Míče po cestě podél vodící trubky (číslo 1) budou vystřelovány ven dvěma gumovými koly (číslo 2), která jsou připevněna na hřídeli motorů (číslo 3). Tyto motory jsou připevněny k vodící trubce pomocí stojanu (číslo 4).

Sestava trubka-motory-kola se může otáčet kolem tří os X, Y, Z:

- Osa X: Umožňuje robotovi vytvořit na míči jakékoliv typy falše. Tento pohyb je zajišťován servomechanismem (číslo 10) přes ozubená kola (číslo 8).
- Osa Y: Umožňuje robotovi se otočit do leva nebo do prava. Celá váha robota je položena na axiálním ložisku (číslo 7), které eliminuje tření a pomůže robotu plynule otáčet.
- Osa Z: Tento pohyb řídí úhel sklonu vůči vodorovné ose, pod kterým budou míče vystřelovány. Pohyb je zajišťován servomechanismem (číslo 11) s převodovkou (číslo 9). Převodový poměr je 1:3.



Legenda:

- 1 – Vodící trubka
- 2 – Motory pro vystřelování míče
- 3 – Kola pro vystřelování míče
- 4 – Stojan pro motory
- 5 – Kluzná pouzdra

- 6 – Válivá ložiska 625-2Z
- 7 – Axiální ložisko 51107
- 8 – Převodovka 1:1
- 9 – Převodovka 1:3
- 10, 11, 12 – Servomechanismy.

Obr. 7 Koncept 2 – Robot pro stolní tenis.

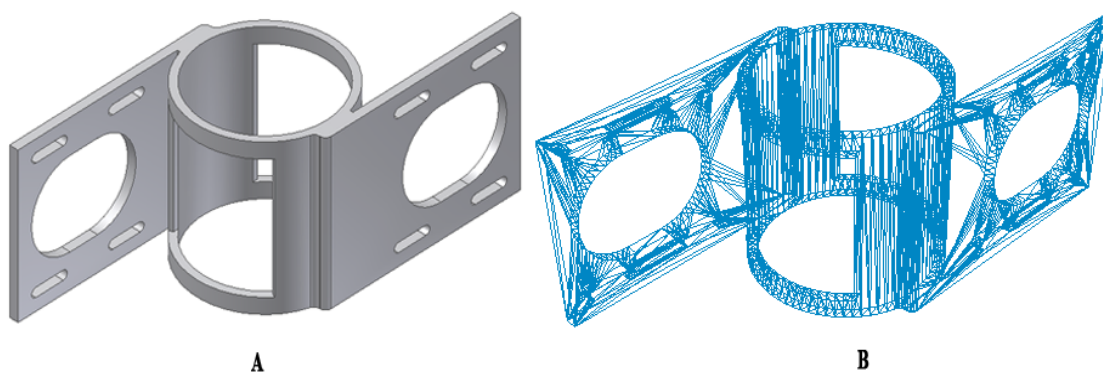
3.4 Obrábění a montáž

Hlavní část těla robota je z hliníkových profilů. To docela ulehčilo proces obrábění. Tabulka Tab. 1 obsahuje seznam dílů potřebných pro výrobu robota. Detailní výrobní výkresy jednotlivých dílů a výkres sestavení jsou přiloženy v příloze (elektronické verze).

Seznam potřebných dílů a polotovarů		
Profil	Jednotka	Množství
Trubka Ø30x5	mm	700
Trubka Ø40x5	mm	30
Trubka Ø45x2	mm	200
Trubka Ø50x5	mm	70
Trubka Ø55x5	mm	1000
Trubka Ø60x2	mm	60
L-profil 15x15x2	mm	50
T-profil 25x25x2	mm	50
U-profil 40x15x2	mm	50
Jekl 120x120x4	mm	100
Jekl 120x60x3	mm	150
Jekl 50x50x2	mm	140
Ozubené kolo M=1, E=64	kus	3
Ozubené kolo M=1, E=22	kus	1
Kluzné pouzdro 50mm	kus	1
Kluzné pouzdro 45mm	kus	2
Ložisko 625-2Z	kus	2
Ložisko 51107	kus	1
Stojan pro motory	kus	1
Stejnoseměný motor	kus	2
Servomechanismus	kus	3

Tab. 1 Seznam potřebných dílů a polotovarů

Obrábění hliníkových profilů proběhlo na CNC fréze. Stojan pro motory (na obrázku Obr. 7 označován číslem 4), kde se vyžaduje lepší deformační vlastnost a lehčí váhu, byl vyroben 3D tiskárnou z materiálu ABS. K tisku je potřeba výkres v Inventoru exportovat do formátu STL. Tento souborový formát je určený pro uložení těles reprezentovaných polygony. Exportování do formátu STL je podporováno přímo v prostředí Autodesk Inventor. Přehled původního výkresu stojanu v Inventoru a výkresu v formátu STL jsou na obrázku Obr. 8.

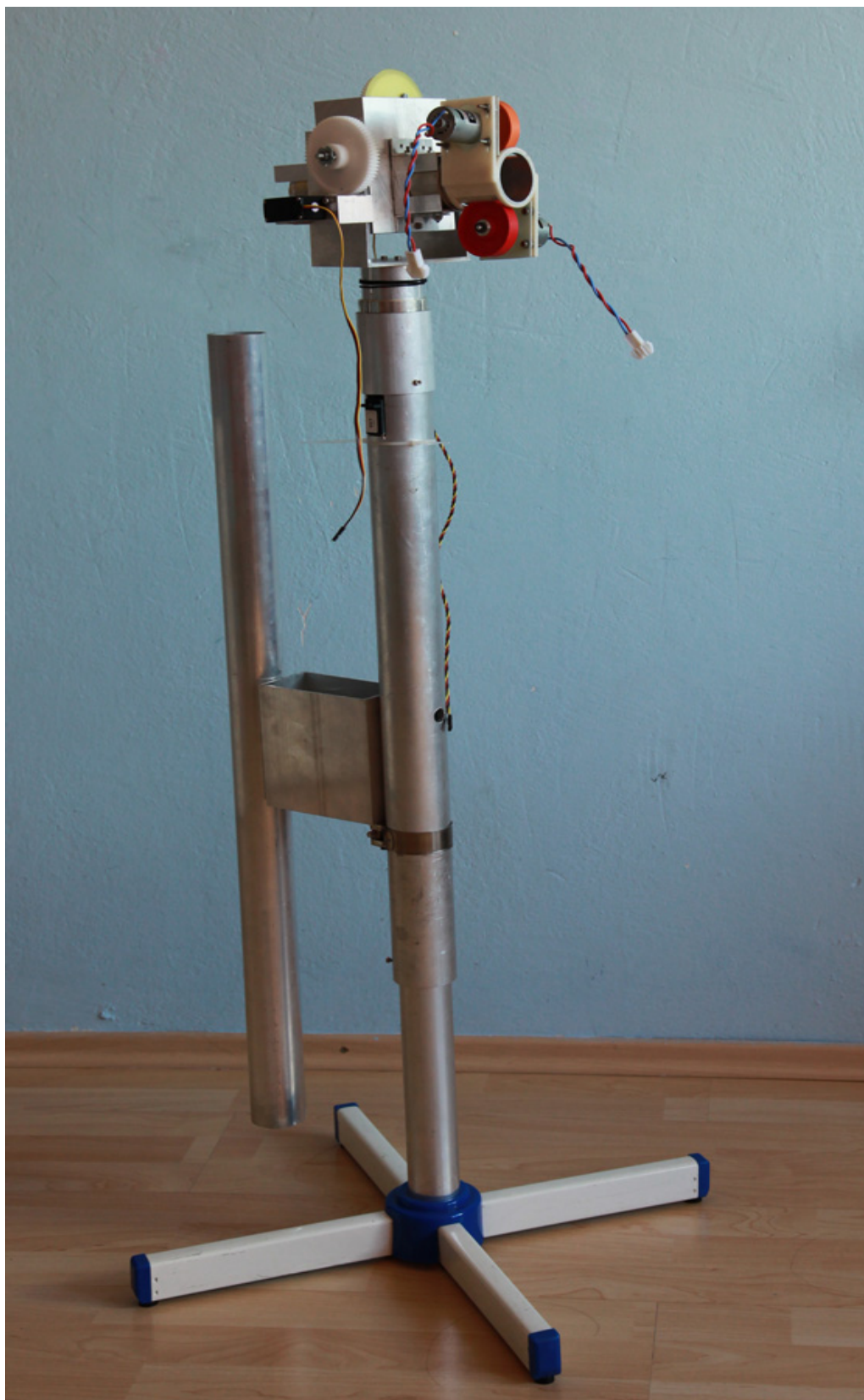


A – Původní výkres v Autodesk Inventoru

B – Výkres po exportování do formátu STL

Obr. 8 Stojan pro motory.

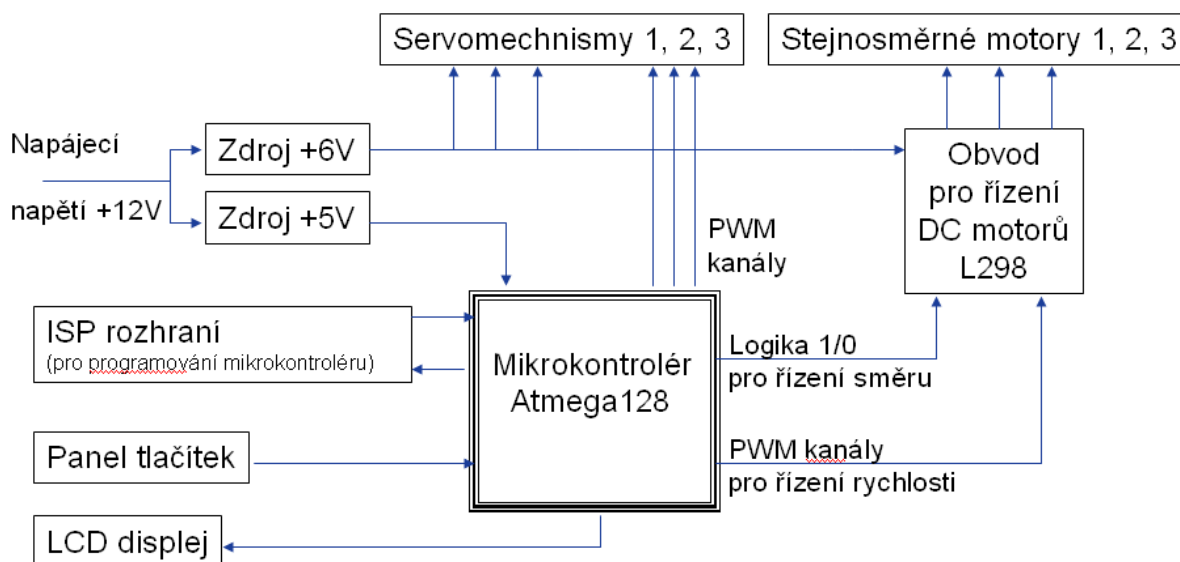
Díly po obrábění se daly do montáže. Na obrázku *Obr. 9* je fotka již hotového robota.



Obr. 9 Předmětem práce - robot pro stolní tenis

4 NÁVRH A REALIZACE ELEKTRONIKY PRO OVLÁDÁNÍ ROBOTA

Na následujících stránkách rozebereme elektronickou část pro ovládání robota. Na obrázku *Obr. 10* je uvedeno propojení jednotlivých dílčích bloků:



Obr. 10 Blokové schéma elektronické části robota.

4.1 Aktuátory

4.1.1 Stejnoseměrný elektromotor

Gumová kola pro vystřelování míčů se otáčejí stejnosměrným elektromotorem. Stejnoseměrný elektromotor je založen na principu působení sil na vodič protékající proudem, který je umístěn v magnetickém poli. Na komutátor se přivede stejnosměrný proud. Tento proud začne protékat cívkou kotvy, na kterou díky umístění v magnetickém poli začne působit magnetická síla.

V této práci byly používány motory MIG 400. Jejich jmenovité napětí je 6V, maximální proud 3A, otáčky na prázdko 18500 ot/min. Výrobce je firma MegaMotor.

4.1.2 Servomotor (servomechanismus)

Elektrický servomotor je regulační pohon s odchylkovou zpětnou vazbou. Vstupem pro řízení je žádaný úhel, zadávaný ve formě PWM signálu (šířka pulzu přímo úměrně odpovídá žádanému natočení výstupní osy). Regulační obvod obsažený v servomotoru porovnává žádanou hodnotu úhlu se skutečnou hodnotou (naměřená potenciometrem) a reguluje motor do žádané polohy.

Pro zajišťování točivých pohybů robota byly používány servomotory řady HS485-HB od výrobce Hitec.

Technické parametry serva HS-485-HB:

- Provozní napětí: 4,8 – 6,0 V
- Krouticí moment při 6V: 6kg.cm
- Odebíraný proud při provozu naprázdno: 180mA.

Pro řízení servomotorů je potřeba PWM signál vygenerovaný přímo mikrokontrolérem (viz podkapitol 5.2).

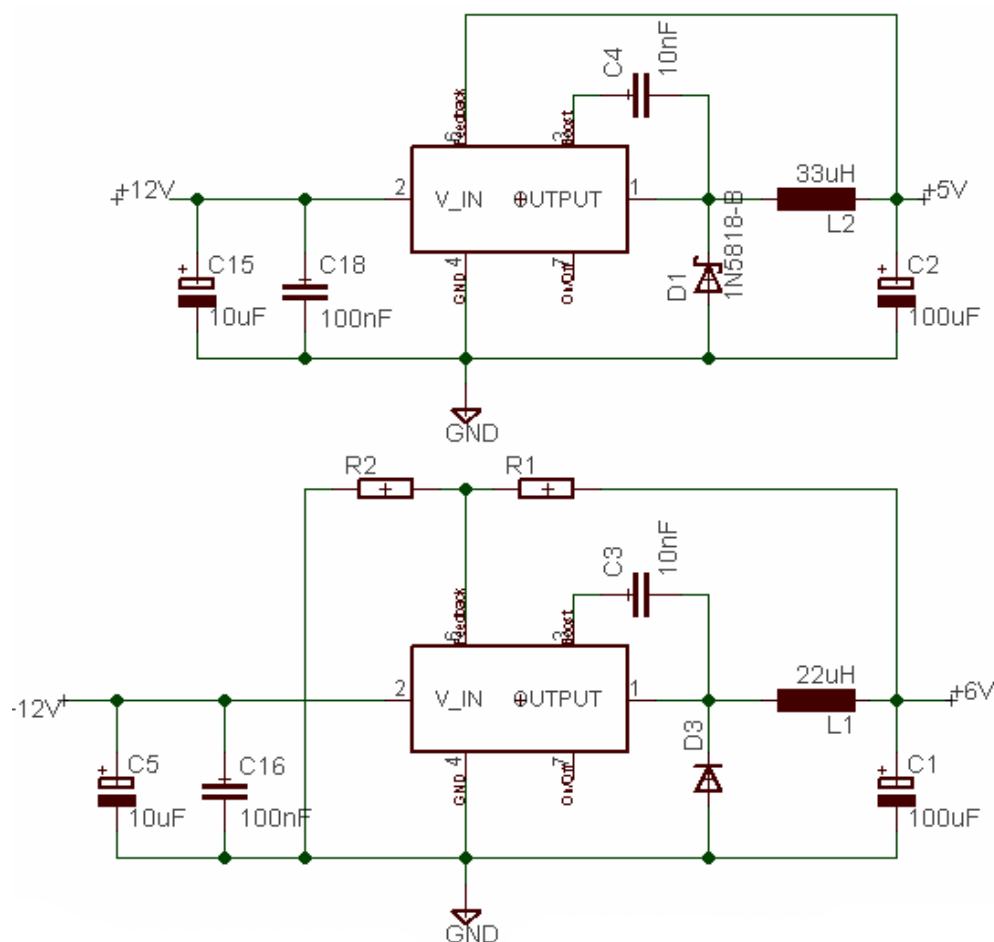
4.2 Zdroje napětí

Elektronika robota potřebuje dva zdroje napětí. Zdroj 5V dodává elektrickou energii mikrokontroléru a logickým obvodům. Zdroj pro elektrické pohony je s napětím 6V, abychom využívali jejich maximální krouticí moment.

Pro snížení vstupního napájecího napětí na tyto hodnoty byly používány dva spínané zdroje LM2676. Integrovaný obvod LM2676 od firmy National Semiconductor je obvod pro konstrukci spínaných snižujících měničů. Tento integrovaný obvod se vyrábí v sériích s pevně nadefinovanými výstupními napětími 3.3V, 5V, 12V a verze LM2676-adj s nastavitelným napětím. Zvolil jsem LM2676-5V pro zdroj 5V

a verzi LM2676-adj pro zdroj 6V.

Hlavní výhody těchto obvodů jsou vysoká účinnost konverze (pohybuje se na hranici 90%), široký rozsah vstupního napájecího napětí (od 8V do 40V) a malé vlnění výstupního napětí. Další výhodná vlastnost je, že pro svoji činnost potřebují minimální počet externích součástek. Stačí doplnit pouze blokovací kondenzátory, akumulační indukčnost a rekuperační diodu. Schéma zapojení obvodů je na obrázku *Obr. 11*. Hodnoty externích součástek byly zvoleny na základě doporučení výrobcem.



Obr. 11 A – Schéma zapojení obvodu LM2676-5V.

B – Schéma zapojení obvodu LM2676-adj.

Pro obvod LM2676-adj jsou potřeba na větvi zpětné vazby (feedback) zapojit dva rezistory (na obrázku jsou označeny jako R1 a R2). Tyto rezistory slouží k nastavení velikosti výstupního napětí. Závislost výstupního napětí V_{OUT} na hodnotách R1 a R2 je popsána ve vzorci (1).

$$V_{OUT} = V_{FB} \left(1 + \frac{R_1}{R_2} \right) \quad (1)$$

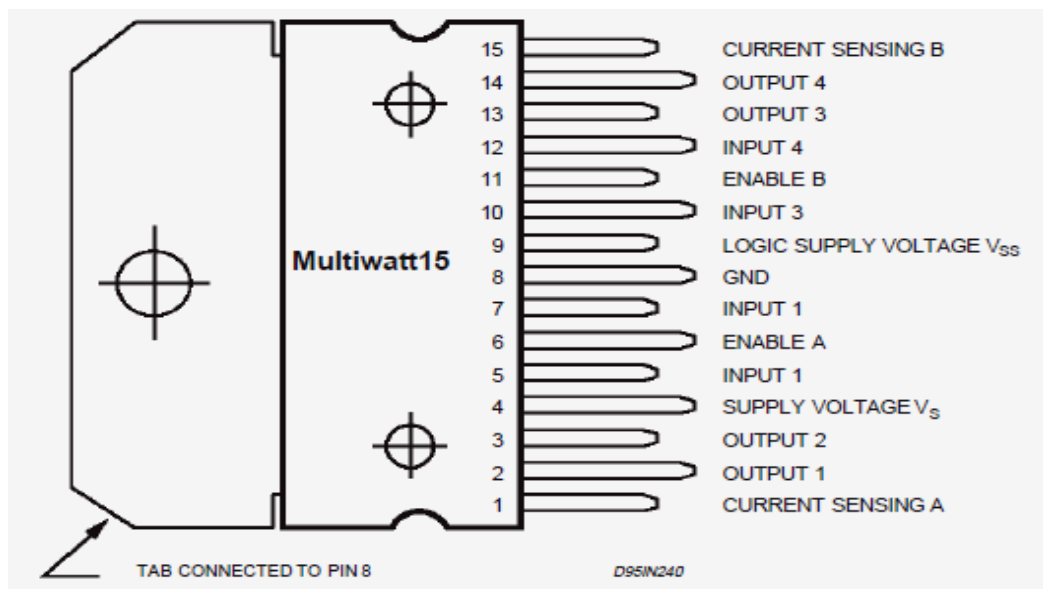
Kde V_{FB} je napětí zpětné vazby a má fixovanou hodnotu $V_{FB} = 1,21(V)$. Aby výstupní napětí mělo požadovanou hodnotu 6V, byly zvoleny hodnoty R1 a R2 postupně 4k3 Ohmů a 1k1 Ohmů.

4.3 Obvod pro řízení stejnosměrných motorů

Pro kontrolu rychlosti míče musíme být schopni řídit rychlost otáčení motorů, které otáčejí kola pro vystřelování míčů. Řízení rychlosti stejnosměrných motorů se provádí metodou PWM přes

můstkový budič L298N.

L298N (obrázek *Obr. 12*) je integrovaný monolitický obvod v patnácti vývodovém pouzdře. Je to dvojitý plně můstkový výkonový ovladač pro vyšší napětí (až do 50V).



Obr. 12 Vývody obvodů L298N

Význam jednotlivých vývodů je popsán v tabulce *Tab. 2*.

Číslo vývodu	Název	Funkce
1,15	SenseA, SenseB	Tyto vývody jsou zapojeny na zem přes snímací rezistory
2,3	Out 1, Out 2	Výstupy H-můstku A
4	V_s	Napájecí napětí. Mezi tímto vývodem a zem se musí zapojit kondenzátor 100nF.
5,7	Input 1, Input 2	TTL kompatibilní vstupy pro řízení H-můstku A.
6,11	Enable A, Enable B	TTL kompatibilní spínané vstupy pro H-můstek A a B. Logika nula na Enable A (Enable B) vypne H-můstek A (B).
8	GND	Zapojen na zem.
9	VSS	Dodávací napětí pro logické obvody.
10,12	Input 3, Input 4	TTL kompatibilní vstupy pro H-můstek B.
13,14	Out 3, Out 4	Výstupy H-můstku B.

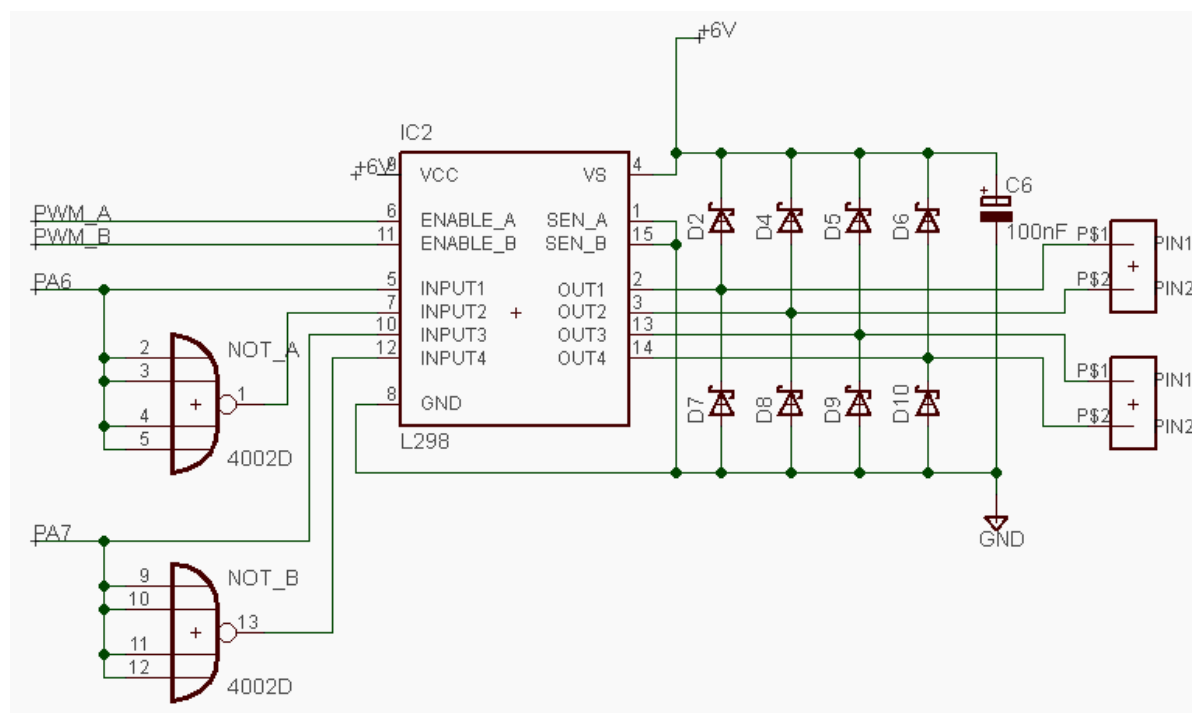
Tab. 2 Význam vývodů obvodu pro řízení stejnosměrných motorů L298N.

Schéma zapojení obvodu L298N s mikrokontrolérem je na obrázku *Obr. 13*. Piny Input 1 a Input 2 byly používány pro obrácení směru otáčení motoru. Do těchto vývodů se přivedou signály z PINA.6 mikrokontroléru a jeho negace. To drží H-můstek A otevřen v jednom směru. Negováním hodnoty na PINA.6 mikrokontroléru můžeme obrátit směr otevření H-můstku A a tímto obrátit i směr otáčení motoru.

PWM signál vygenerovaný mikrokontrolérem je poslán do pinů Enable. H-můstky obvodu

L298N jsou aktivní pouze v časových intervalech, ve kterých má signál PWM logickou hodnotu 1. Změnou pracovního cyklu signálu PWM můžeme řídit i rychlost otáčení motoru.

Výstupy H-můstku jsou zapojeny na konektory, přes které budou zapojeny i motory.



Obr. 13 Schéma zapojení obvodu L298N s mikrokontrolérem.

Rekuperační diody na výstupech obvodu L298N omezují na přípustnou hodnotu napětové špičky, které nevyhnutelně vznikají při rychlém rozpínání indukční zátěže, jako jsou například stejnosměrné motory. Aby tyto diody dokázaly skutečně ochránit výkonové tranzistory ve vnitřní struktuře obvodu L298N před přepětím, musí být jejich spínací čas kratší než 200ns.[4]

Je důležité si uvědomit, že se jedná o výkonovou součástku, která se v provozu masivně ohřívá. Proto obvod musí být opatřen chladičem.

4.4 LCD displej [5]

Pro přehledné zobrazení nastavených či zadávaných údajů a stavu zařízení nám slouží zobrazovací jednotka. V současné době jsou nejvíce rozšířené technologie:

- LCD (Liquid Crystal Display).
- VFD (Vacuum Fluorescent Display).
- OLED (Organic light-emitting diode).

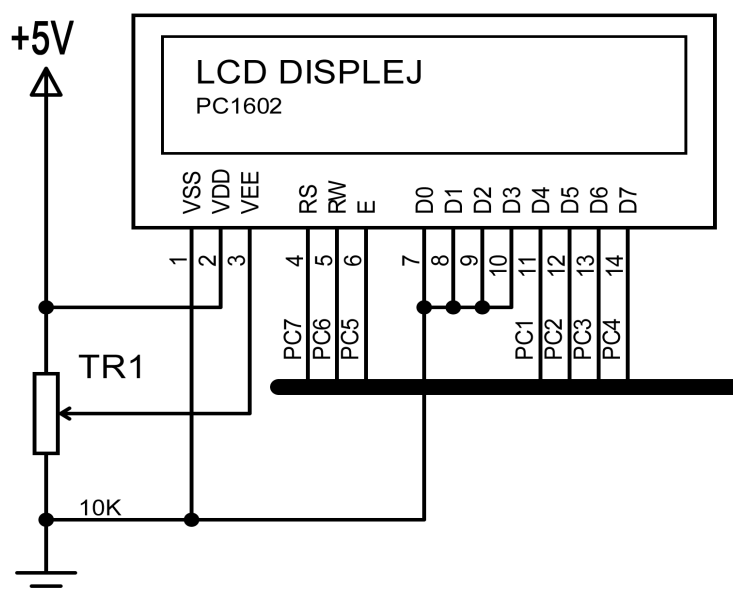
Nejlepších vlastností dosahuje nejnovější technologie OLED, kterou (zatím) omezuje cena.

Do navrhovaného robota bylo tedy vybráno LCD. Displeje této technologie jsou vyráběny s možností výpisu po znacích (znakové displeje), nebo s výpisem po bodu (grafické displeje). Protože není třeba žádných graficky náročných obrazců, byl vybrán znakový displej 2x16 s řadičem PC1602 (Obr. 14), jehož výhodou je snadné ovládání a možnost posílat data po 4 vodičích. Tím lze ušetřit porty řídicího procesoru.



Obr. 14 LCD displej PC-1602.

Na obrázku Obr. 15 je schéma zapojení LCD displeje.



Obr. 15 Schéma zapojení LCD displeje PC1602.

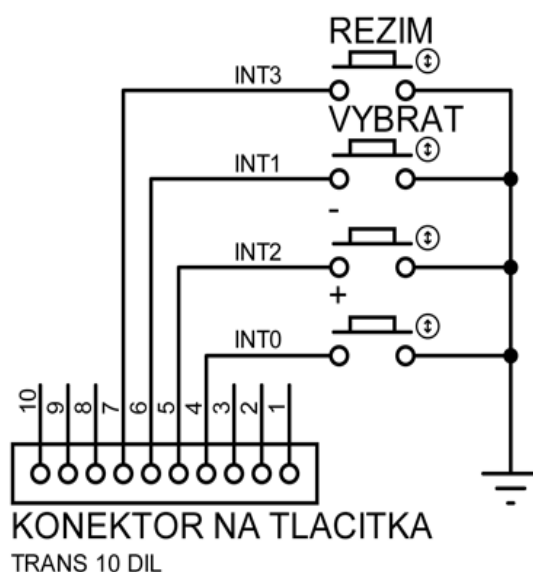
Vývody D4 až D7 LCD displeje, určené pro přenos dat, jsou zapojeny na piny PINC.1 až PINC.4 mikrokontroléru. Vývody pro ovládání procesu čtení / zápis (piny RS, R/W, E) jsou zapojeny na PINC.5 až PINC.7. Trimr TR1 slouží k nastavení kontrastu displeje.

4.5 Panel tlačítek

Aby si uživatelé mohli volit nastavení robota, byl postaven panel s tlačítky (obrázek Obr.16). Panel se skládá ze čtyř dvou-pólových tlačítek bez aretací. Každé tlačítko (Režim, Vybrat, +, -) bylo připojeno k pinům externího přerušení INT0 až INT3 mikrokontroléru. Stručné schéma zapojení panelu tlačítek je na obrázku Obr. 17.



Obr. 16 Panel tlačítek pro ovládání robota.



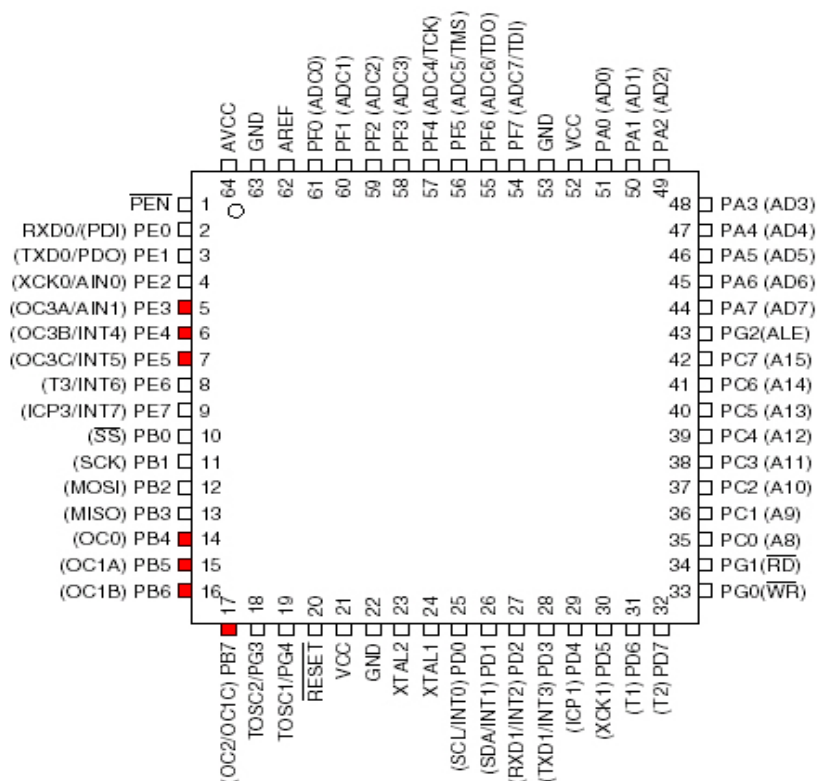
Obr. 17 Schéma zapojení tlačítek.

4.6 Mikrokontrolér

4.6.1 Výběr mikrokontroléru

V zadání práce bylo specifikováno, že k řízení musí být používán mikrokontrolér z řady ATmega nebo Xmega. Jedná se o rodinu 8-bitových a některých 32-bitových mikrokontrolérů typu RISC (anglicky *Reduced Instruction Set Computing* – mikrokontrolér s redukovanou instrukční sadou). Výběr mikrokontroléru byl proveden podle dvou kritérií. Za prvé musí mít alespoň 6 kanálů PWM (bude potřeba zřídit 3 servomechanismy a 3 stejnosměrné motory). Druhé kritérium bylo kapacita programové paměti a interní paměti SRAM. Musí být dostatečně velká pro předpokládaný rozsáhlý firmware s nutností uložení velkého počtu parametrů potřebných pro provoz robota.

Jako ideální volbou pro tuto práci se jevil mikrokontrolér ATmega128. Vybral jsem jeho verzi ATmega128-8AU s maximální taktovací frekvencí 8Mhz, protože vyšší rychlost 16Mhz pro potřebu robota považuji za zbytečnou.



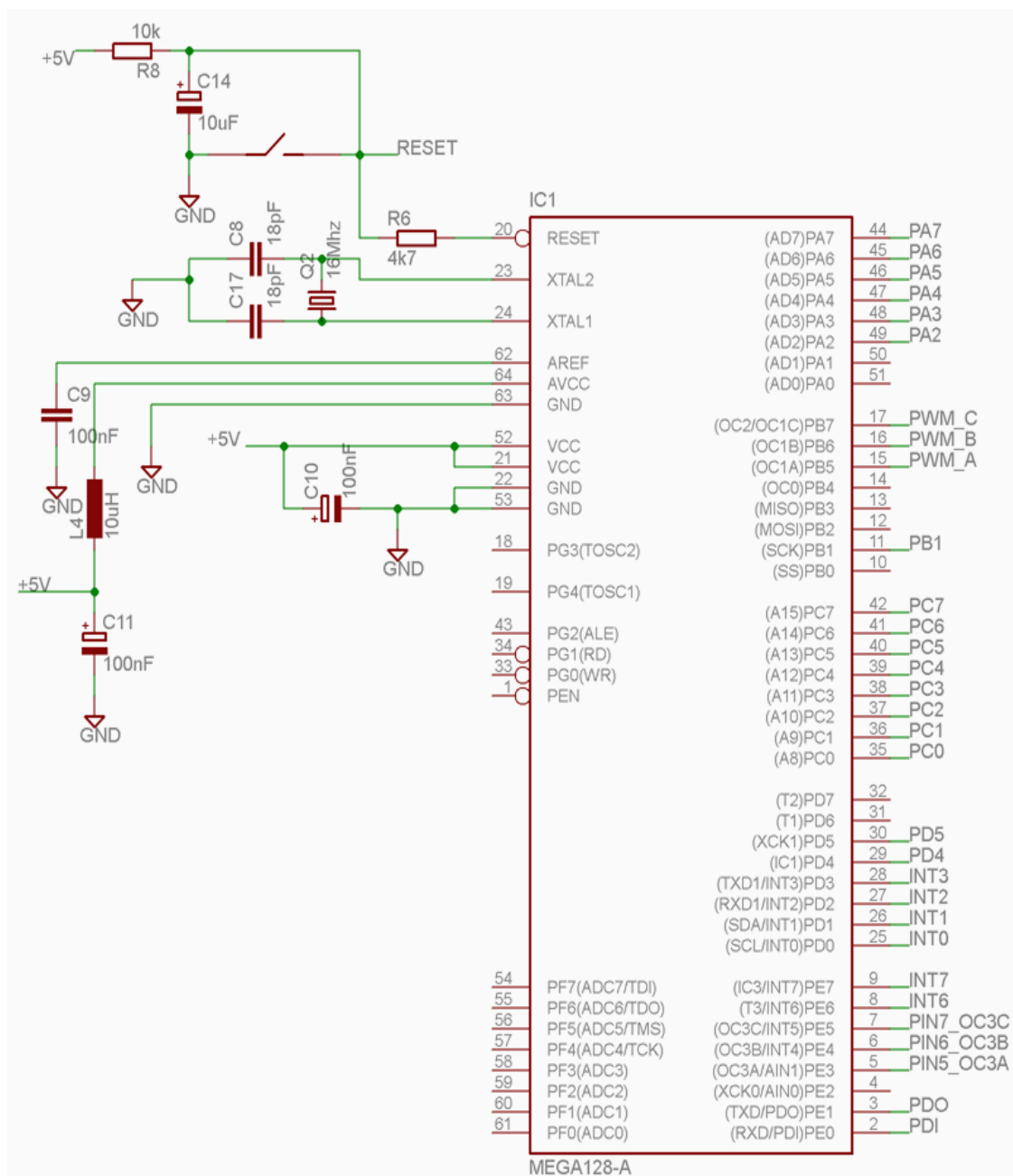
Obr. 18 Patice mikrokontroléru ATmega128. Piny pro PWM signál jsou červeně označeny.

Důležité vlastnosti vybraného mikrokontroléru:

- Napájecí napětí: 4,5 – 5,5 V
- Kmitočet oscilátoru: 0 – 8 Mhz
- 128 kB Flash EPROM pro uložení programu a dat s výdrží 10000 přepisů.
- 4 kB SRAM pro uložení dat, možnost adresace až 64 kB externí SRAM.
- 4 kB EEPROM pro uložení dat s výdrží 100000 přepisů.
- Dva 8-bitové časovače se samostatnými před-děličkami.
- Dva 16-bitové časovače se samostatnými před-děličkami.
- Dva 8-bitové PWM kanály a 6 PWM kanálů s rozlišením 16 bitů.
- 53 programovatelných I/O vývodů.
- Programování přes ISP, JTAG, nebo pomocí Bootloader programu.

4.6.2 Schéma zapojení mikrokontroléru ATmega128

Zapojení základního řídicího bloku je na obrázku Obr. 19. Jedná se o zapojení mikrokontroléru se základními pasivními součástkami, které podporují jeho správnou funkci.



Obr. 19 Schéma zapojení mikrokontroléru ATmega128 s základními pasivními součástkami.

4.6.3 Rozhraní pro programování mikrokontroléru

Nahrávání softwarového vybavení do mikrokontroléru se provede přes rozhraní ISP (konektor číslo 5 na obrázku Obr. 22). Toto rozhraní umožňuje mikrokontrolérům, aby mohly být programovány uvnitř obvodu bez nutnosti jejich vyjmutí a vložení do zvláštního, k tomuto účelu sloužícího, zařízení.

Význam vývodů konektoru pro rozhraní ISP je popsán ve tabulce Tab. 3.



Obr. 20 Konektor PLW10 sloužící k programování mikrokontroléru přes ISP rozhraní.

Význam	Číslo vývodu		Význam
Nezapojeno	1	2	Nezapojeno
VCC	3	4	GND
SCK	5	6	PDI
PDO	7	8	Reset
Nezapojeno	9	10	Nezapojeno

Tab. 3 Význam vývodů konektoru ISP rozhraní.

V této práci pro nahrávání firmwaru do mikrokontroléru byl používán programátor UniProg od firmy PK-design.[6]

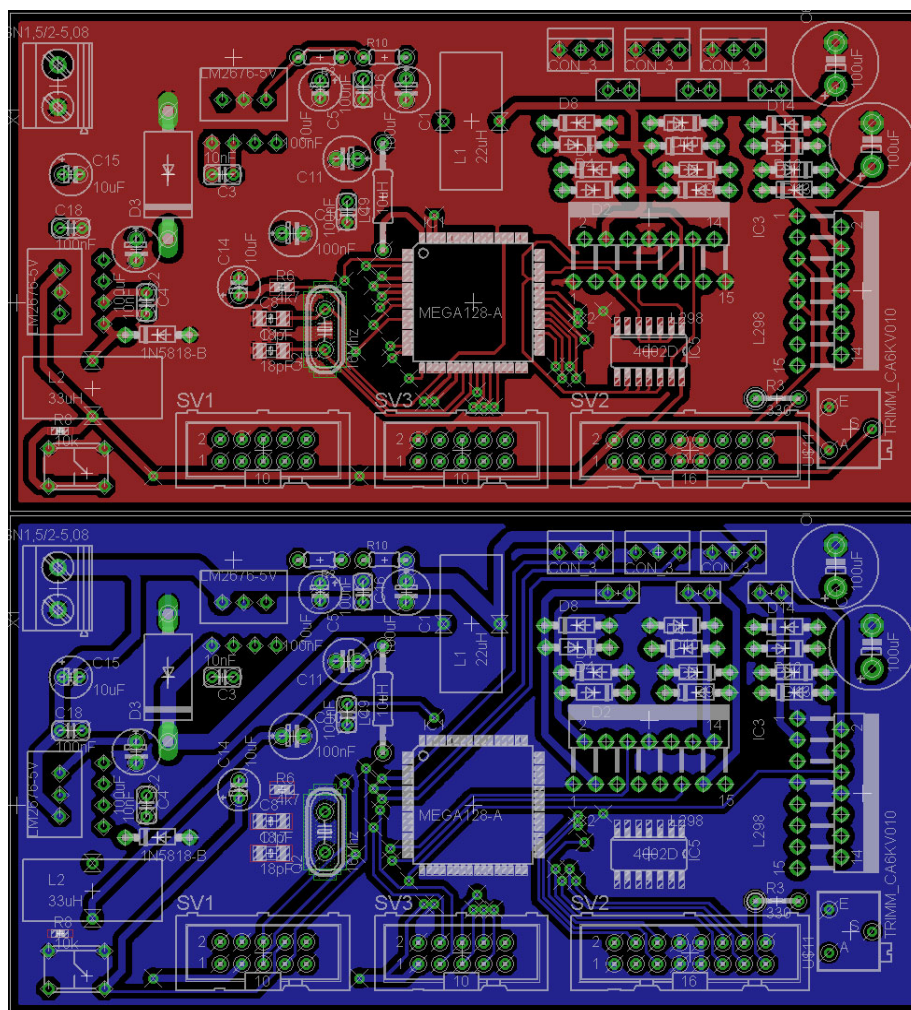
4.7 Návrh a výroba desky plošných spojů

Etapa návrhu a výroby desky plošných spojů se začne tvořením celkového schéma zapojení jednotlivých součástek v obvodu. Navržený obvod byl poté modelován v prostředí Proteus a jeho funkčnost byla ověřována (viz podkapitole 4.8).

Na základě schéma zapojení byla deska plošných spojů, pro řídicí jednotku robota, navržena v programu Eagle. Eagle je editor plošných spojů od firmy Cadsoft. Název Eagle je zkratka z názvu: *Easily Aplicable Grafical Layout Editor* (lehce použitelný grafický editor rozmístění). Program Eagle má 3 základní části:

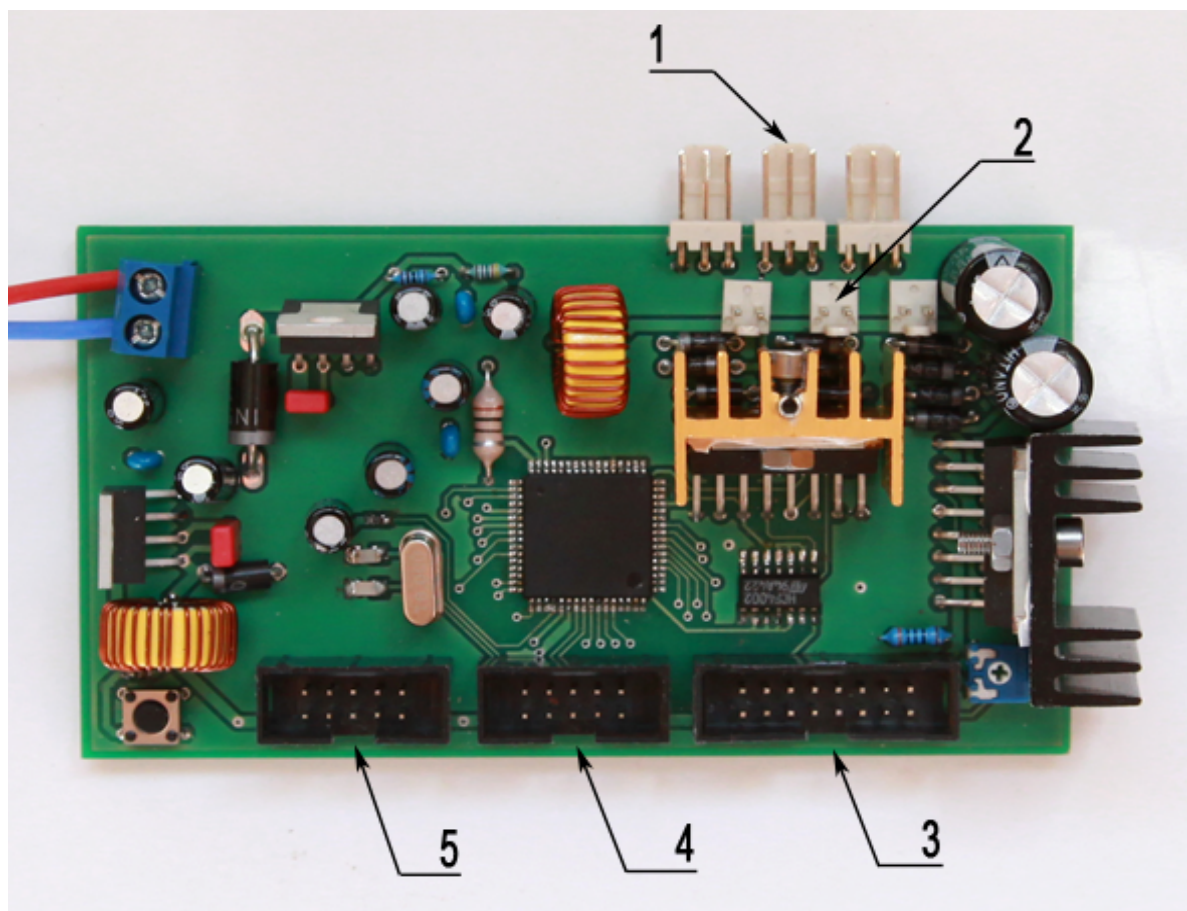
- Editor knihoven: slouží k vytvoření knihovny pro nové, ještě ve knihovně neobsazené, elektronické součástky. V této práci byly vytvořeny knihovny pro obvod spínaného zdroje LM2676, Trimr s pouzdem CA6KV010 a různé typy konektorů. Tyto knihovny jsou dostupné v příloze práce (v elektronické podobě).
- Editor schémat: Slouží k tvorbě schéma zapojení.
- Editor spojů: Slouží k návrhu spojů mezi součástkami na desce. Při navržení je důležité dodržet minimální vzdálenost mezi spoji a pady ve vhodném rozsahu, aby navržená deska byla zrealizovatelná. Realizovatelnost desky závisí na výrobních podmínkách (technikách) a tloušťce mědi na desce. Deska s tlustší silou mědi bude vyžadovat větší mezery mezi spoji a pady.

Na obrázku Obr. 21 je finální návrh desky plošných spojů pro našeho robota. Deska byla vyrobena u firmy Čemebo s.r.o, používal se materiál s 70μm silou mědi.



Obr. 21 Návrh desky plošných spojů pro řízení robota v programu Eagle.

Na obrázku Obr. 22 je fotka vyrobené desky. Deska byla ve skutečnosti otestována a dokázala správně pracovat podle mé představy.



- Legenda:
- 1 – Konektory na servomechanismy.
 - 2 – Konektory na stejnosměrné motory.
 - 3 – Konektor na LCD displej.
 - 4 – Konektor na tlačítkový panel.
 - 5 – Konektor rozhraní ISP, pro programování mikrokontroléru.

Obr. 22 Deska plošných spojů po osazení součástek.

4.8 Simulace

Předtím, než byla deska plošných spojů odeslána na výrobu, byl obvod nasimulován a jeho funkčnost byla otestována v prostředí Proteus ISIS. Proteus je software zaměřený na simulaci mikroprocesorů. Byl vyvinut firmou Labcenter Electronics. Tento software umožňuje nahrát firmware (v souboru .hex) do simulovaného mikroprocesoru a můžeme sledovat jeho chování po spuštění. To je při testování funkčnosti firmwaru velkou výhodou, protože ho nemusíme nahrát do skutečného mikrokontroléru, který má omezený počet cyklů přepisů. Další výhodná vlastnost je, že software Proteus umožňuje také ladění (sledování aktuálního stavu proměnných) a spuštění programu v režimu takzvaný "po krocích".

V příloze 3 je model řídicího obvodu robota v prostředí Proteus.

5 PROGRAM PRO MIKROKONTROLÉR

5.1 AVR Studio

Programování softwarového vybavení pro mikrokontrolér bylo provedeno v prostředí AVR Studio. AVR Studio je vývojové prostředí pro vytváření programových projektů, které je volně dostupné.

Základní funkce prostředí jsou:

- Spravování projektů.
- Simulátor procesorů a debugger.
- Integrovaný překladač assembleru do strojového kódu.
- Integrace kompilátoru jiného jazyka.

Zdrojové kódy psané v jazyce C se kompilují v prostředí AVR Studio. Výsledný hexový soubor, obsahující strojové kódy, se nahraje do mikrokontroléru, pomocí programátoru UniProg, přes ISP rozhraní (viz. podkapitola 4.6.3).

5.2 Generování PWM signálu pomocí časovače

Hlavním účelem řídicí jednotky je vygenerovat PWM signály pro řízení pohonů robota. PWM signály se generují časovačem mikrokontroléru. Mikrokontrolér ATMega128 má dva časovače s rozlišením 16 bitů a dva časovače s rozlišením 8 bitů. Každý 16-bitový časovač (Timer1, Timer3) může vygenerovat 3 různé kanály PWM a každý 8-bitový časovač (Timer0, Timer2) může vygenerovat jeden.

Aby časovač vygeneroval PWM signály musí být nejdříve spuštěn. Spuštění časovače se provádí nastavením před-děličky. Pro kontrolu chování časovačů Timer1 a Timer3, které v této práci byly používány k generování PWM signálů, jsou k dispozici registry TCCRnB, kde n je číslo časovače (n = 1 nebo n = 3).

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ICNC1	ICES1	–	WGM13	WGM12	CS12	CS11	CS10	TCCR1B
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	ICNC3	ICES3	–	WGM33	WGM32	CS32	CS31	CS30	TCCR3B
Read/Write	R/W	R/W	R	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr. 23 Registry TCCR1B a TCCR3B pro nastavení časovače Timer1 a Timer3.

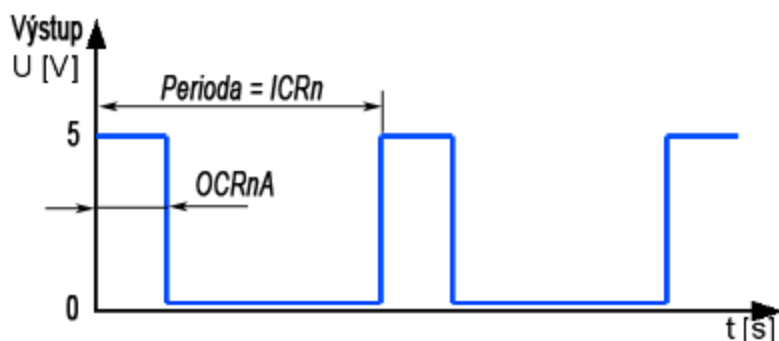
Před-dělička může nabývat hodnot buď 1, 8, 64, 256, nebo 1024. Zvolí se tak, že nastavujeme bity CSn0 až CSn2 příslušného časovače podle následující tabulky:

CSn2	CSn1	CSn0	Před-dělička
0	0	0	Nulová před-dělička – Časovač se zastavuje
0	0	1	Taktovací frekvence / 1
0	1	0	Taktovací frekvence / 8
0	1	1	Taktovací frekvence / 64
1	0	0	Taktovací frekvence / 256
1	0	1	Taktovací frekvence / 1024
1	1	0	Externí zdroj času na pinu Tn, reaguje na sestupnou hranu (čítač událostí)
1	1	1	Externí zdroj času na pinu Tn, reaguje na náběžnou hranu (čítač událostí)

Tab. 4 Nastavení před-děličky.

Dále se provede výběr režimu pro časovače. V této práci, byly signály PWM vygenerovány režimem 14 (*Fast PWM* – Rychlý, vysokofrekvenční PWM) časovači Timer 1 a 3. Chování časovače v tomto režimu, je znázorněno na obrázku Obr. 24. Hodnota registru ICRn určuje periodu signálu, a pracovní cyklus je určen

registrem OCRnA (případně OCRnB, OCRnC, kde A, B, C jsou označení příslušného PWM kanálu).



Obr. 24 Ukázka průběh PWM signálu.

Režim 14 – Fast PWM se zvolí nastavením bitů WGMn0 až WGMn3, v registrech TCCRnA a TCCRB, podle následující tabulky:

Mode	WGMn3	WGMn2	WGMn1	WGMn0	Režim časovače
14	1	1	1	0	Fast PWM

Tab. 5 Hodnoty bitů WGMn0 až WGMn3 pro volbu režimu 14 – Fast PWM.

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	COM1A1	COM1A0	COM1B1	COM1B0	COM1C1	COM1C0	WGM11	WGM10	TCCR1A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Bit	7	6	5	4	3	2	1	0	
	COM3A1	COM3A0	COM3B1	COM3B0	COM3C1	COM3C0	WGM31	WGM30	TCCR3A
Read/Write	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	R/W	
Initial Value	0	0	0	0	0	0	0	0	

Obr. 25 Registry TCCR1A a TCCR3A pro nastavení časovače Timer1 a Timer3.

Posledním krokem inicializace časovačů, ke generování PWM signálů, je nastavení operace pinů OCnA, OCnB, OCnC mikrokontroléru tak, aby tyto piny byly spojeny s generátorem PWM signálu. Nastavení proběhlo v registru TCCRnA (Obr. 25). Operace pinů OCnA (případně OCnB, OCnC) se určuje bity COMnX0 a COMnX1 (X je označení PWM kanálů – A, B nebo C):

COMnA1/COMnB1/COMnC1	COMnA0/COMnB0/COMnC0	Popis
0	0	Normální vstupně-výstupní operace
0	1	Negovat piny OCnA/OCnB/OCnC v okamžiku kdy se hodnota časovače rovná hodnotě registru OCRn
1	0	Nulovat piny OCnA/OCnB/OCnC v okamžiku kdy se hodnota časovače rovná hodnotě registru OCRn
1	1	Nastavit piny OCnA/OCnB/OCnC na logickou 1 v okamžiku kdy se hodnota časovače rovná hodnotě registru OCRn

Tab. 6 Nastavení operace pinů OCnA, OCnB, OCnC mikrokontroléru.

Inicializace časovače Timer 3 pro generování PWM signálu, ve vývojovém prostředí AVR Studio, probíhá takto:

```
TCNT3H=0; //Vymazat hodnotu časovače.
TCNT3L=0; //Vymazat hodnotu časovače.
TCCR3A=(1<<COM3A1)|(1<<COM3B1)|(1<<COM3C1)|(1<<WGM31); //NON Inverted PWM
TCCR3B=(1<<WGM33)|(1<<WGM32)|(1<<CS31); //PRESCALER=8, MODE 14(Fast PWM)
OCR3A=1500;
OCR3B=1500;
OCR3C=1500;
ICR3=20000;
```

V tomto příkladu, časovač Timer 3 byl spuštěn v režimu 14 – Fast PWM. Mikrokontrolér používá externí hodinový zdroj 8MHz. S touto taktovací frekvencí a před-děličkou 8 se časovač inkrementuje po každé 1 ns. Hodnota registru ICR3 byla nastavena na 20000. To znamená, že perioda PWM signálu je 20 ms. Pracovní cyklus se určuje hodnotami registrů OCR3A, OCR3B, OCR3C, což je v tomto případě 1,5 ms. Tento PWM signál by měl nastavovat úhel natočení 0° (neutrální) u servomechanismů.

Pro změnu úhlu natočení servomechanismů, stačí přepsat odpovídající hodnotu pracovního cyklu do registru OCRnA, případně OCRnB, OCRnC příslušného PWM kanálu. Na příklad byla v programu napsána funkce pro přenastavení úhlu natočení servomotorů. Vstupní parametry funkce jsou číslo označující servomotory (servomotory byly označeny čísly 4, 5 nebo 6) a úhel natočení. Podle technických parametrů používaných servomotorů Hitec HS485-HB, závislost šířka řídicího pulzu na úhlu natočení je dána vztahem: $\text{Šířka_PWM} = \text{Úhel} \cdot 10 + 1500$. Funkce vypadá takto:

```
void PWM3(unsigned char aVal, signed char aRot)
{
    switch(aVal)
    {
        case 4:
            OCR3A=aRot*10+1500; break;
        case 5:
            OCR3B=aRot*10+1500; break;
        case 6:
            OCR3C=aRot*10+1500; break;
    }
}
```

5.3 Externí přerušení

Nastavení externích přerušení v programu bylo takto:

```
SREG|=(1<<7); //Povolit globální přerušení.
EIMSK|=(1<<INT0)|(1<<INT1)|(1<<INT2)|(1<<INT3); //Povolit přerušení INT0,1,2,3.
EICRA|=(1<<ISC31)|(1<<ISC21)|(1<<ISC11)|(1<<ISC01); //Typ přerušení: klesající hrana.
TIMSK|=(1<<OCIE0); //Povolit přerušení přetečení Timer0.
```

První řádek nastaví hodnotu 1 do sedmého bitu registru SREG (bit I). Toto nastavení povoluje globální přerušení v mikrokontroléru.

Druhý řádek přepíše hodnotu 1 do bitů INT0, INT1, INT2, INT3 registru EIMSK, tímto jsou povolena odpovídající externí přerušení. K pinům těchto přerušení budou zapojena tlačítka z panelu tlačítek (viz. podkapitola 4.5).

Třetí řádek je volba typu přerušení. Mikrokontrolér bude reagovat na klesající hranu signálu (to nastane, když tlačítka byla zmáčknuta).

Čtvrtý řádek povoluje přerušení přetečení časovače Timer 0. To přerušení se stane v okamžiku, kdy hodnota časovače dosáhne hodnoty TOP definovanou registrem OCR0.

Obsluha přerušení bude vyvolána, když nastane událost toho přerušení. Funkce pro obsluhu přerušení se definuje takto:

```
ISR (INTERRUPT_VECT)
{
    // Tělo funkce
}
```

Kde INTERRUPT_VECT je název vektoru přerušení. Seznam vektorů pro všechny přerušení použitých v programu je v tabulce *Tab. 7*:

Název vektoru	Popis
TIMER0_COMP_vect	Přerušení vyvolané porovnáním hodnoty Timer0 s hodnotou OCR0
INT0_vect	Přerušení vyvolané změnou signálu na pinu INT0
INT1_vect	Přerušení vyvolané změnou signálu na pinu INT1
INT2_vect	Přerušení vyvolané změnou signálu na pinu INT2
INT3_vect	Přerušení vyvolané změnou signálu na pinu INT3

Tab. 7 Vektory použitých přerušení v programu.

5.4 Hlavní program pro řízení robota

Robot byl naprogramován tak, aby mohl pracovat jak manuálně, tak i automaticky. V automatickém režimu robot vystřeluje míče podle nastavení od uživatele (viz. podkapitola 6.2 a 6.3). Aby míč byl vystřelován správně do požadovaného místa s požadovanou falší je potřeba, aby robot věděl jak má nastavit své pohony pro ten konkrétní míč. Tyto parametry byly získány tak, že byl robot spuštěn v manuálním režimu, nebo režimu Testování (viz. podkapitola 6.1). Dále nastavíme jednotlivé pohony tak, aby robot vystřeloval míče podle všech našich požadavků. Hodnoty aktuálních stavů pohonů byly zapsány a uloženy do jeho paměti.

Z toho procesu byly získány nashledující výsledky:

– Úhel natočení serva 6 (točí robota do leva nebo do prava, na obrázku *Obr. 7* označováno číslem 12) závisí jen na pozici míče. Jejich závislost je podle tabulky *Tab. 8*:

Pozice míče	Úhel natočení serva 6
1	-13
2	0
3	13
4	-19
5	0
6	19

Tab. 8 Závislost mezi úhlem natočení serva 6 a pozicí míče.

– Úhel natočení serva 4 (pro sklonění robota, na obrázku *Obr. 7* bylo označováno číslem 10) závisí jen na typu falše. Jejich závislost je podle tabulky *Tab. 9*:

Typ falše	Úhel natočení serva 4
Top	0°
Chop	0°
Levá	90°
Pravá	90°

Tab. 9 Závislost mezi úhlem natočení serva 4 a typem falše.

– Úhel natočení serva 5 (pro naklonění hlavy robota, na obrázku *Obr. 7* bylo označováno číslem 11) a součet pracovních cyklů obou stejnosměrných motorů určuje rychlost a vzdálenost vystřelování míče. Jejich závislost je podle tabulky *Tab. 10*:

Rychlost míče	Pozice míče	Úhel natočení serva 5	Součet pracovních cyklů obou motorů
Pomalá	1	10°	55
Pomalá	2	10°	50
Pomalá	3	10°	55
Pomalá	4	36°	45
Pomalá	5	36°	45
Pomalá	6	36°	45
Rychlá	1	4°	70
Rychlá	2	4°	70
Rychlá	3	4°	70
Rychlá	4	/	/
Rychlá	5	/	/
Rychlá	6	/	/

Tab. 10 Závislost úhlu serva 5 a součtu pracovních cyklů motorů na rychlosti míče a jeho pozici.

– Rozdíl pracovních cyklů motorů určuje rychlost rotace míče. Závislost mezi nimi je v tabulce Tab. 11:

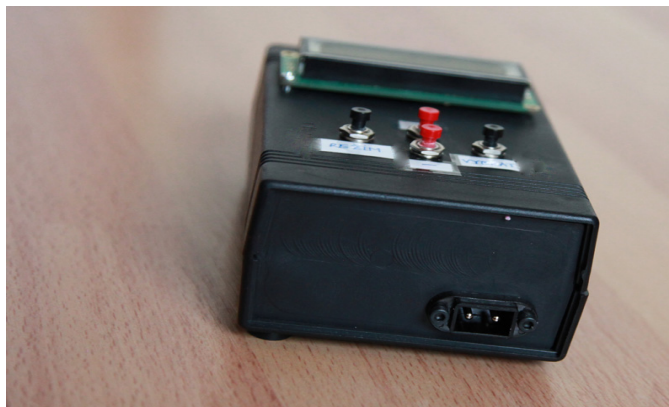
Rychlost rotace	Rozdíl pracovních cyklů motorů
Žádná faleš	0
Silná faleš	18
Slabá faleš	5

Tab. 11 Závislost rozdílu pracovních cyklů motorů na rychlosti rotace.

Získané hodnoty byly zapsány do hlavního programu robota. Díky tomu může robot pro každou kombinaci (pozice, rychlost míče, typ faleše, rychlost faleše) vypočítat parametry pro řízení jeho pohonů tak, aby míče byly vystřelovány správně.

6 DEMONSTRACE FUNKCÍ ROBOTA – UŽIVATELSKÝ MANUÁL

Po zapojení napájecího napětí se robot automaticky spustí. Pro napájení se může používat zdroj od 8 do 40V se jmenovitým proudem minimálně 3A. Robot má zásuvku pro napájení na zadní straně ovládací krabičky (obrázek Obr. 26).



Obr. 26 Zásuvka pro elektrické napájení robota

6.1 Režim “Testování”

Po spuštění robot automaticky přejde do režimu Testování (obrázek Obr. 27). V tomto režimu, můžeme manuálně nastavit stav jednotlivých pohonů robota. U servomechanismů to znamená úhel natočení, a u stejnosměrných motorů rychlost otáčení.

Tlačítkem *Vybrat*, můžeme zvolit pohony (stejnosměrné motory jsou očíslovány 1, 2, 3 a servomotory 4, 5, 6). Tlačítka *Plus* a *Minus* můžeme zvýšit nebo snížit pracovní cyklus vybraného motoru a v případě servomotorů jeho úhel natočení.



Obr. 27 Režim Testování.

6.2 Režim “Nastavení”

Z režimu Testování přejde robot do režimu Nastavení pomocí tlačítka *Režim* (obrázek Obr. 28).



Obr. 28 Režim Nastavení.

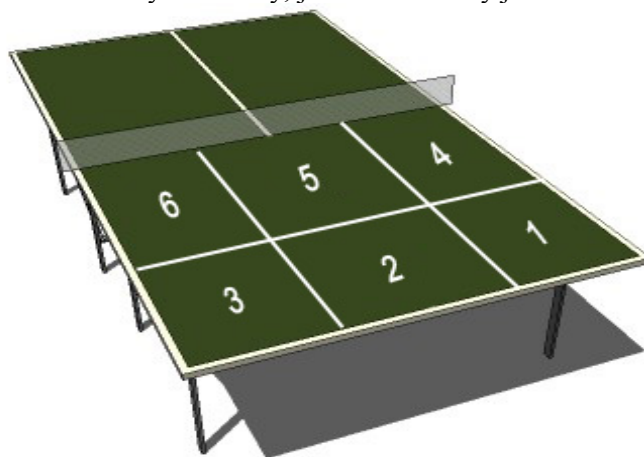
V režimu Nastavení se provede nastavení parametrů třech míčů. Pro každý míč nastavujeme 4 parametry. Ty jsou: pozice kam bude míč vystřelován, rychlost míče, typ falše a rychlost rotace. V dalším kroku bude robot automaticky vystřelovat míče podle tohoto nastavení.

Tlačítkem *Plus* nebo *Minus* vybereme míč, pro který chceme parametry nastavit. Číslo vybraného míče je označováno šikmými závorkami. Výběr potvrdíme tlačítkem *Vybrat*. Na LCD displej se poté zobrazí volby jako na obrázku Obr. 29.



Obr. 29 Nastavení parametrů pro jednotlivé míče.

Zde opět tlačítkem *Vybrat* vybereme parameter a tlačítkem *Plus* nebo *Minus* nastavíme jeho hodnotu. Pozice, kam budou míče vystřelovány, jsou označovány jako na obrázku Obr. 30.



Obr. 30 Rozdělení stolu pro stolní tenis do šesti oblastí.

Zmáčknutím tlačítka *Režim* uložíme všechna nastavení a vrátíme se k předchozímu kroku. Tímto postupem můžeme nastavit všechny tři míče. Pokud některé míče chceme přeskočit, nastavíme jeho pozici na hodnotu 0 (je to také defaultní hodnota).

6.3 Režim “Spuštění”

V menu Nastavení, pokud je alespoň u jednoho míče nastavena pozice různá od nuly, můžeme robota uvést do provozu zmáčknutím tlačítka *Režim*.

V tomto režimu bude robot, podle nastavení v předchozím kroku, vystřelovat míče postupně od míče 1 až po míč 3 a tak dokola. Míč, který nemá nastavenou pozici, bude ignorován. Na displeji se zobrazí frekvence vystřelování míčů v jednotkách počtu míčů za minutu. Tato frekvence se dá změnit

tlačítka *Plus* nebo *Minus*.



Obr. 31 Režim automatického vystřelování.

Dalším zmáčknutím tlačítka *Režim* přestane robot vystřelovat míče a vrátí se ke počátečnímu stavu. Hodnoty nastavených parametrů zůstávají zachovány.

7 ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo navrhnout a realizovat robota pro stolní tenis. Na začátku práce byli zkoumány různí roboti stejného typu, kteří již na trhu existují. Na základě těchto získaných informací byl navrhnout náš robot. Návrh se zaměřuje na zlepšení dynamických schopností robota tak, aby robot zvládal plnit více funkcí. Výsledkem práce je zrealizovaný robot, který je schopný se otáčet ve třech osách. Může vystřelovat míče do šesti různých míst hracího stolu, a vytvořit na míči různé typy rotací. Těžištěm práce bylo navrhnout a realizovat elektroniku pro ovládání robota a jeho softwarové vybavení. Řídící obvod byl navrhnout s použitím mikrokontroléru ATmega128. Robot je vybaven panelem tlačítek a LCD displejem pro pohodlnou komunikaci s uživatelem. Řídící obvod byl naprogramován tak, aby mohl robot pracovat ve dvou režimech: manuální a automatický. Spolu s touto prací byly odevzdány výkresy součástí potřebné pro realizaci mechanické konstrukce robota, výkresy pro výrobu desku plošných spojů řídicího obvodu a zdrojový kód v jazyce C pro řízení robota.

Robot může být do budoucna dále vylepšován. Například ho vybavit mechanismem pro vyzvedávání míčů, použít externí H-můstky místo na desce integrovaných driverů, nebo zlepšit jeho softwarového vybavení.

Robot, který byl předmětem této práce, se dá použít pro trénování stolního tenisu. Pomůže tak hráčům zlepšit svou obratnost a i urychlit jejich reakce při hraní tohoto sportu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Y&T V/989E Robot review [online]. Far East Sport accessories Review [cit. 10.5.2013]. Dostupný z http://www.fareastsports.com/products/robots/y_t/217.
- [2] Table tennis robot review – robot iPong Pro [online]. Megaspın.net [cit. 10.5.2013]. Dostupný z <http://www.megaspın.net/store/default.asp?pid=ipong-pro>.
- [3] BENETKA, M. *Využití nových funkcí Autodesk Inventoru pro modelování elektrických strojů*. Brno 2012 42 s. Bakalářská práce na fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého Učení Technického v Brně na Ústavu výkonové elektrotechniky a elektroniky. Vedoucí bakalářské práce prof. Ing. Vítězslav Hájek, CSc.
- [4] Aplikační poznámky k L298 [online]. Robodoupě – web o robotice. [cit. 20.5.2013]. Dostupný z <http://robodoupe.cz/2011/aplikacni-poznamky-k-l298-integrovanemu-h-mustku/>
- [5] HRUBÝ, M. *Číslicově řízené dvouosé polohovací zařízení pro digitální fotoaparát*. Brno 2011 56 s. Diplomová práce na fakultě elektrotechniky a komunikačních technologií Vysokého Učení Technického v Brně na Ústavu telekomunikací. Vedoucí diplomové práce Ing. Pavel Hanák, Ph.D.
- [6] PK-design. *UniProg-USB v1.0 – programovací kabel systému MVS* [online]. 20.3.2010. [cit. 20.5.2013]. Dostupný z <http://pk-design.net/HtmlCz/ProgCables.html>

SEZNAM PŘÍLOH

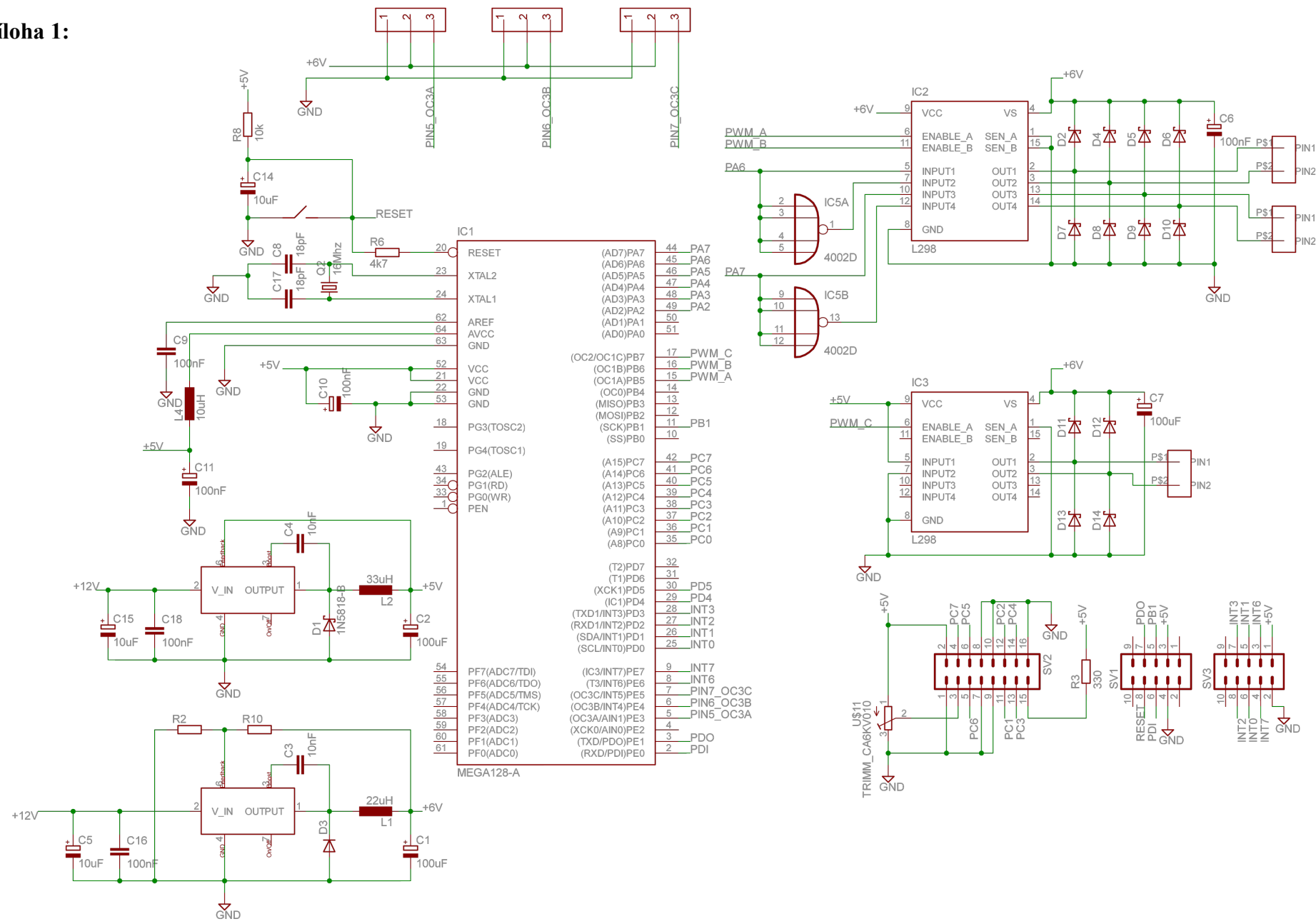
Příloha 1: Schéma zapojení řídicího obvodu

Příloha 2: Seznam potřebných součástek k výrobě řídicího obvodu

Příloha 3: Model řídicího obvodu robota v prostředí Proteus

Příloha 4: Detailní fotka hlavy robota.

Příloha 1:

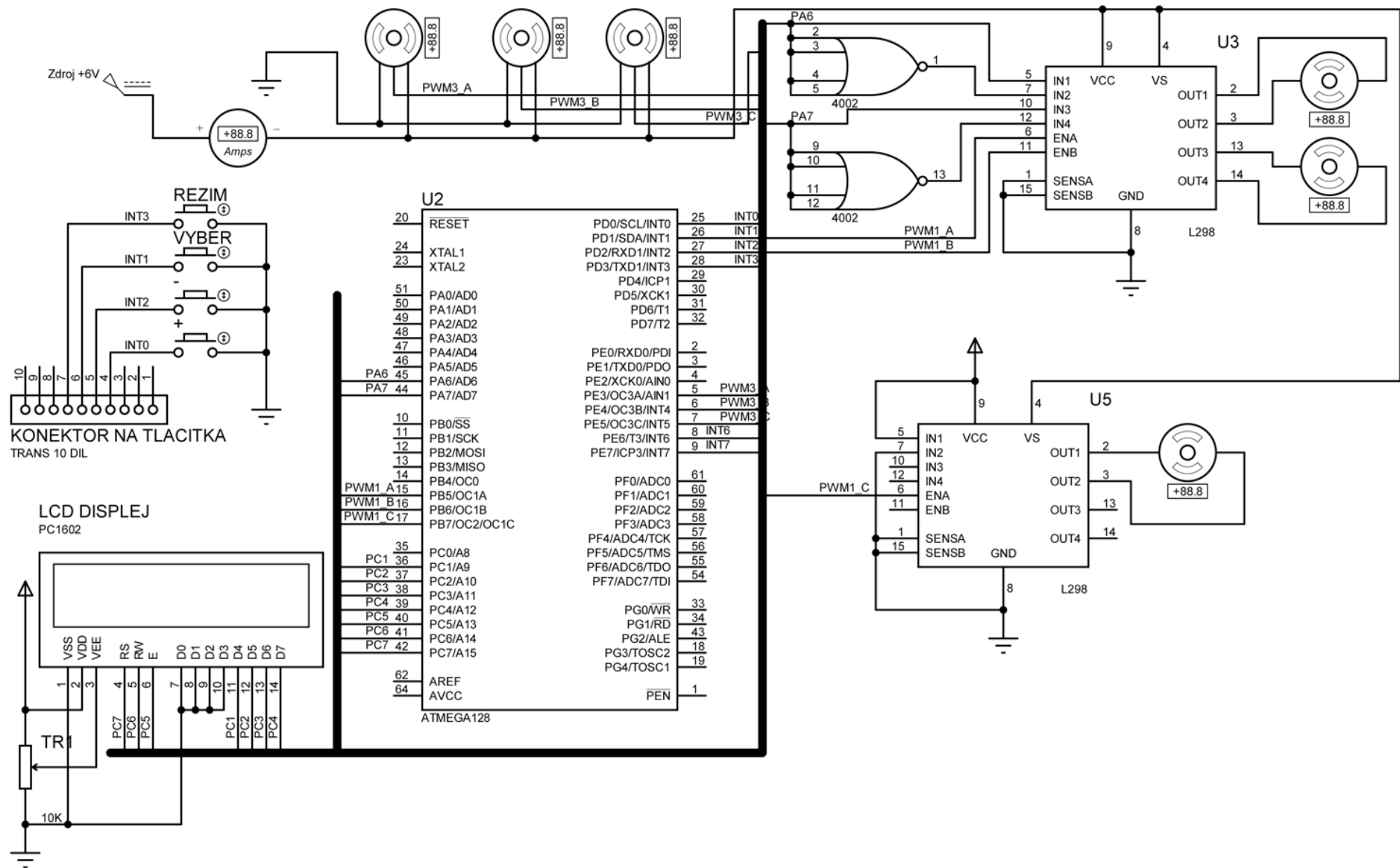


Příloha 2:

Part	Value	Device	Package	Library
C1	100uF	CPOL-EUE2,5-6E	E2,5-6E	rcl
C2	100uF	CPOL-EUE2,5-6E	E2,5-6E	rcl
C3	10nF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rcl
C4	10nF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rcl
C5	10uF	CPOL-EUE2-5	E2-5	rcl
C6	100uF	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	rcl
C7	100uF	CPOL-EUE5-10.5	E5-10,5	rcl
C8	18pF	C-EUC1206	C1206	rcl
C9	100nF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rcl
C10	100nF	CPOL-EUE2,5-6E	E2,5-6E	rcl
C11	100nF	CPOL-EUE2,5-6E	E2,5-6E	rcl
C14	10uF	CPOL-EUE2-5	E2-5	rcl
C15	10uF	CPOL-EUE2-5	E2-5	rcl
C16	100nF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rcl
C17	18pF	C-EUC1206	C1206	rcl
C18	100nF	C-EU025-024X044	C025-024X044	rcl
D1	1N5818-B	1N5818-B	DO41-7.6	diode
D2		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D3		DIODE-DO201-15	DO201-15	diode
D4		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D5		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D6		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D7		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D8		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D9		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D10		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D11		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D12		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D13		1N5818-B	DO41-7.6	diode
D14		1N5818-B	DO41-7.6	diode
IC1	MEGA128-A	MEGA128-A	TQFP64	atmel
IC2	L298	L298	MULTIWATT-15	st-microelectronics
IC3	L298	L298	MULTIWATT-15	st-microelectronics
IC5	4002D	4002D	SO14	40xx
L1	22uH	L-EUTJ3-U1	TJ3-U1	rcl
L2	33uH	L-EUTJ3-U1	TJ3-U1	rcl
L4	10uH	L-EU0207/12	0207/12	rcl
LM1		LM2676	LM2676	LM2676
LM2676		LM2676	LM2676	LM2676
Q2	16Mhz	CRYSTALHC49S	HC49/S	crystal
R2	330 4k7 10k	R-EU_0204/5	0204/5	rcl
R3		R-EU_0207/5V	0207/5V	rcl
R6		R-EU_R0603	R0603	rcl
R8		R-EU_R0402	R0402	rcl
R10		R-EU_0204/5	0204/5	rcl
SV1		ML10	ML10	con-ml
SV2		ML16	ML16	con-ml
SV3		ML10	ML10	con-ml
U\$1		CON_2	CON_2	CON_2
U\$2		CON_2	CON_2	CON_2
U\$3		CON_2	CON_2	CON_2

Part	Value	Device	Package	Library
U\$4	CON_3	CON_3	CON_3	CON_3
U\$5	CON_3	CON_3	CON_3	CON_3
U\$6	CON_3	CON_3	CON_3	CON_3
U\$10	TLACITKO	TLACITKO	TLACITKO	tlacitko
U\$11	TRIMM_CA6KV010	TRIMM_CA6KV010	TRIM_CA6KV01	rcl
X1	MKDSN1,5/2-5,08	MKDSN1,5/2-5,08	MKDSN1,5/2-5	con-phoenix-508

Příloha 3:



Příloha 4:

